

ERKLÄRT

Temperaturanstieg, Treibhauseffekt und die Rolle der Schweiz: Das sind die wichtigsten Fakten zum Klimawandel

Nach der 24. Uno-Klimakonferenz haben die Mitgliedstaaten ein Regelwerk zur Umsetzung des 2015 erreichten Pariser Klimavertrags verabschiedet. Zur Einordnung haben wir die wichtigsten Fakten zum Klimawandel und zu den Klimazielen zusammengestellt.

Sven Titz (Text) / Alexandra Kohler und Balz Rittmeyer (Grafiken)
Letzte Aktualisierung am 17.12.2018

Neueste Entwicklungen

- **16. Dezember:** Zwei Wochen lang haben Delegierte aus 196 Staaten und der EU in Katowice [an der Uno-Weltklimakonferenz hart über die Umsetzung des Pariser Klimavertrags verhandelt](#). Zum Schluss der Konferenz verabschiedeten die Mitgliedstaaten der Klimakonvention [ein umfassendes Regelwerk](#) zur Umsetzung des 2015 erreichten Pariser Klimaabkommens. Indien äusserte während der Abschlussitzung zwar einen Vorbehalt, sagte aber auch, es wolle sich zum Wohl aller hinter den Kompromiss stellen.
- **13. November:** Forscher von Meteo Schweiz und der ETH Zürich [stellen die neuen Klimaszenarien für die Schweiz vor](#). Sie zeigen, worauf sich die verschiedenen Landesteile der Schweiz mit und ohne Klimaschutz einzustellen haben. Die Klimaszenarien CH2018 sind ein wichtiges Instrument für den Bundesrat, um seine Anpassungsstrategie an den Klimawandel weiterzuentwickeln.
- **8. Oktober:** Der Weltklimarat präsentiert einen Spezialbericht zum 1,5-Grad-Ziel. [Die zentrale Botschaft lautet](#), dass es einen grossen Unterschied macht, ob sich die Erde bis zum Ende des Jahrhunderts um 1,5 oder um 2 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau erwärmt. Um das schärfere Ziel zu erreichen, sind allerdings gewaltige Anstrengungen nötig. Ab 2050 dürfte netto kein CO₂ mehr emittiert werden.

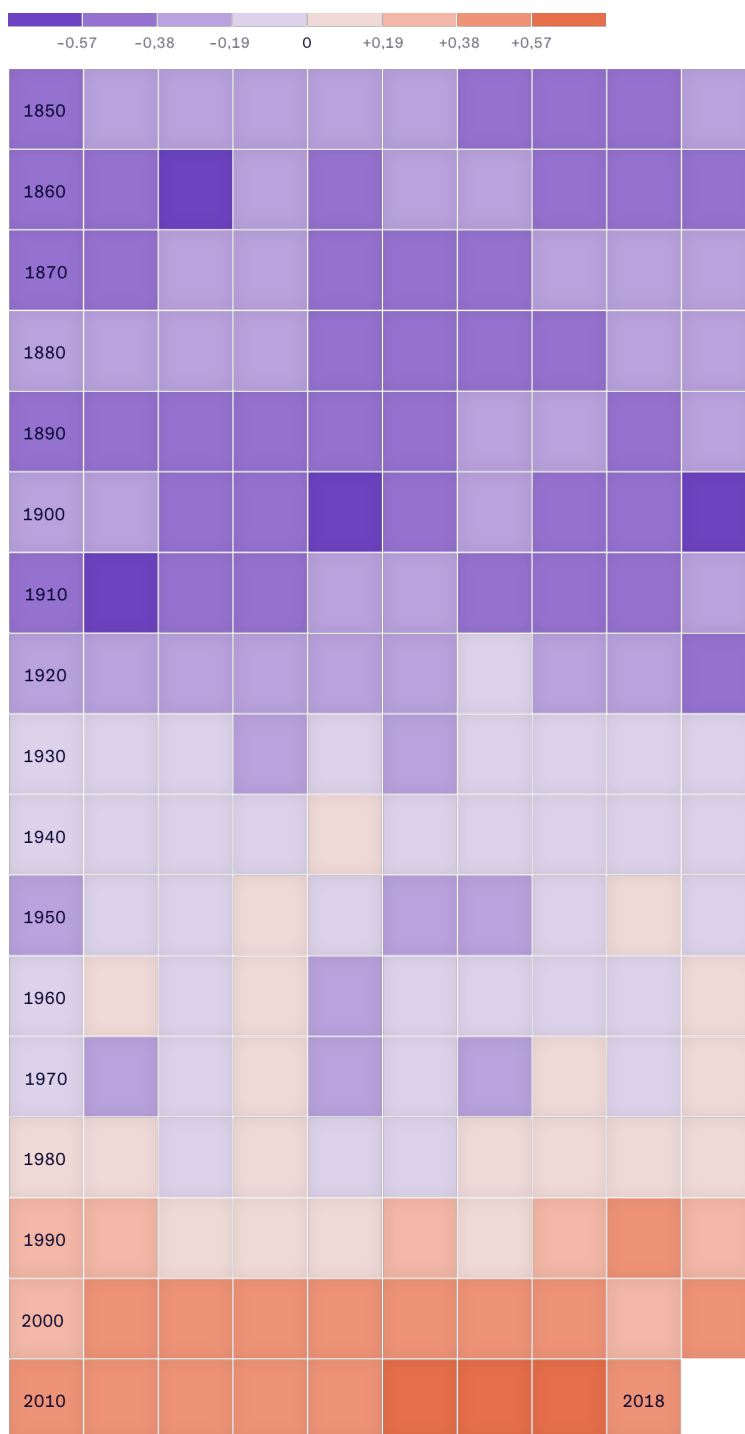
Worum geht es?

Mit dem Klima ist immer irgendetwas: [Ein riesiger Eisberg bricht ab](#). Politiker streiten am Umweltgipfel. Oder es werden gegenwärtige Unwetter in der Schweiz mit der Erderwärmung in Verbindung gebracht. An dem Thema Klimawandel, das als eines der drängendsten unserer Zeit gilt, kommt man kaum mehr vorbei.

Doch wie ist der Stand des Wissens zum Klimawandel wirklich? Wer stösst die meisten Treibhausgase aus? Welche Optionen gibt es, um die Veränderung in Grenzen zu halten? Bei den vielen Nachrichten zu Erwärmung und Emissionen verliert man leicht den Überblick. Den wollen wir hier schaffen.

Vergleichsweise leicht ist zu erkennen, wie stark sich seit der industriellen Revolution die Erdatmosphäre erwärmt hat. Wissenschaftler vom Met Office Hadley Centre in England haben aus den weltweiten Temperaturmessungen für jedes Jahr den globalen Mittelwert errechnet.

Abweichungen von der mittleren Temperatur des Zeitraums 1961–1990 (weltweit) in Grad Celsius



Wir haben die vorliegenden Daten in gleich grosse Intervalle eingeteilt. Nur das unterste Intervall ist kleiner, denn der grösste Wert ist 0.762, der kleinste -0.597. - Quelle: [Met Office Hadley Centre](#) - Grafik: brt.

Der Klimawandel im Detail

1. Was ist das überhaupt, das Klima? ↓
2. Was ist der Treibhauseffekt? ↓
3. Wie stark hat sich die Erde in verschiedenen Regionen erwärmt? ↓
4. Wo kommt das CO₂ her, und was sind CO₂-Senken? ↓
5. Wie stark tragen wir in der Schweiz zur Erderwärmung bei? ↓
6. Wie stark ist Schweiz vom Klimawandel betroffen? ↓
7. Was bedeutet der menschengemachte Klimawandel konkret? ↓
8. Sind wir auf Kurs? Ein Überblick über die Klimaziele ↓
9. Wie der menschengemachte Klimawandel entdeckt wurde ↓

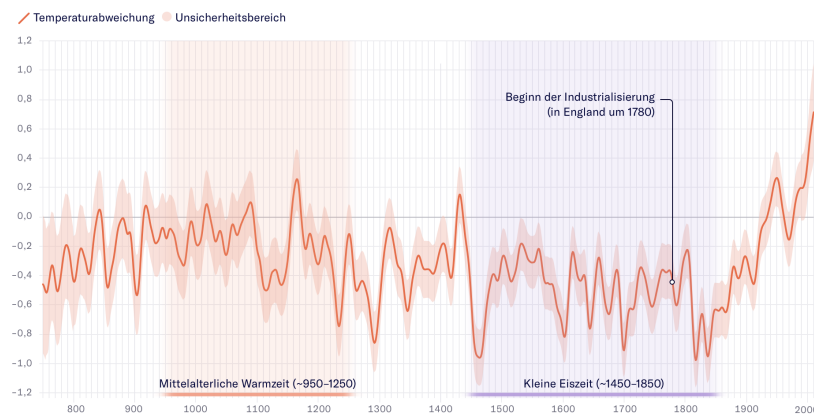
1. Was ist das überhaupt, das Klima?

Wetter sei eine Laune, Klima die Persönlichkeit. So erklärt der amerikanische Klimaforscher Marshall Shepherd den Unterschied zwischen Wetter und Klima. In der Tat bezeichnet man als Wetter den gegenwärtigen Zustand der Atmosphäre. Demgegenüber ist das Klima eine Bestandsaufnahme des Wetters über einen längeren Zeitraum. In der Regel betrachten Wissenschaftler mindestens 30 Jahre.

Zum Klima gehört nicht nur der Mittelwert, vielmehr wird die gesamte Bandbreite des Wetters in statistischen Grössen erfasst. Zum Klimasystem zählen Wissenschaftler nicht nur die Atmosphäre, sondern auch das Meer, die Eisschilde auf dem Land, die Gletscher und die schwimmenden Eisschollen. Je nach Definition gehören auch Flora und Fauna dazu. Als Klimawandel werden alle Veränderungen bezeichnet, die sich auf Zeitskalen abspielen, die mehr als 30 Jahre umfassen.

Im vergangenen Jahrhundert ist die Temperatur auf der Nordhalbkugel rasant gestiegen

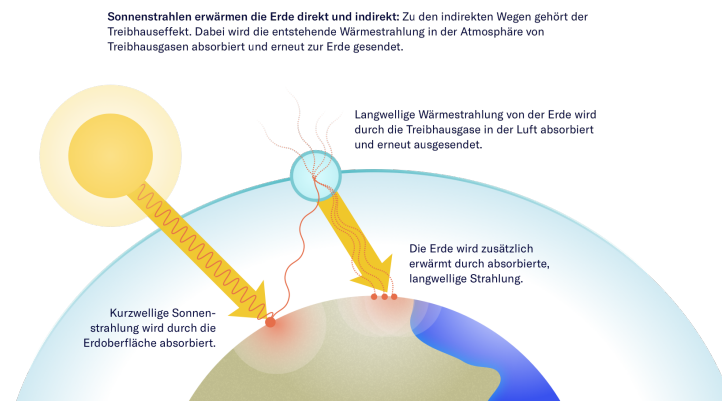
Temperaturabweichungen* im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961–1990 in Grad Celsius



* Basierend auf einer Rekonstruktion der Sommertemperaturen (Mai bis August) auf der Nordhalbkugel von 750 bis 2011 – Quelle: [Rob Wilson et al. / Science Direct](#) – Grafik: brt.

Es ist hilfreich, die globale Erwärmung seit Beginn der Industrialisierung mit dem Klimawandel in der Vergangenheit zu vergleichen. Wissenschaftler rekonstruieren die Temperaturen zum Beispiel [mithilfe von Baumringen](#). Die Dicke der Baumringe verrät, wie warm es einst im Sommer war. In der gezeigten Rekonstruktion für die Nordhalbkugel erkennt man viele Schwankungen der Temperatur, die natürliche Ursachen haben. Man sieht aber auch den deutlichen Anstieg seit dem 19. Jahrhundert. Die Freisetzung von Treibhausgasen durch den Menschen führt zu einer globalen Erwärmung. Dieser menschengemachte Klimawandel besitzt zahlreiche Facetten.

2. Was ist der Treibhauseffekt?



Grafik: brt.

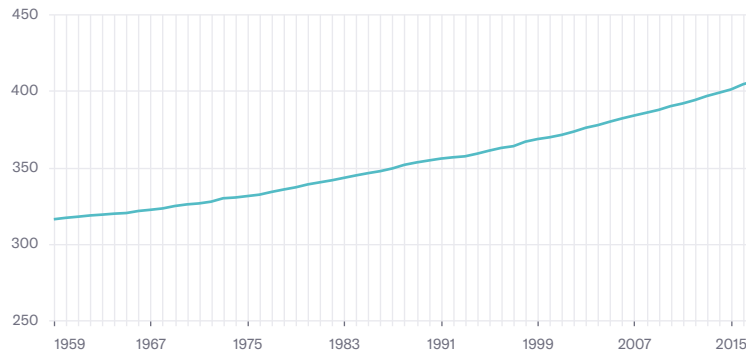
Der Treibhauseffekt gehört zur Natur der Atmosphäre. Ohne ihn wäre es auf der Erde gut 30 Grad Celsius kälter.

Die Sonne wärmt die Erde mit ihren kurzwelligen Strahlen. Von der Reflexion einmal abgesehen, werden sie von der Oberfläche aufgenommen (absorbiert). Die Erde sendet daraufhin langwellige Strahlen aus, die man auch als Wärmestrahlung bezeichnet. Ein Teil der Wärmestrahlung wird auf verschiedene Art und Weise aufgehalten, nicht nur durch Wolken. Natürliche Treibhausgase in der Luft, vor allem Wasserdampf und Kohlendioxid, absorbieren die Wärmestrahlung bei bestimmten Wellenlängen und senden sie wieder aus. Ein Teil dieser Strahlung geht Richtung Erde. Das hat einen wärmenden Effekt. Zu den natürlichen Treibhausgasen zählen neben Wasserdampf und Kohlendioxid (CO₂) auch Methan (CH₄), Ozon (O₃) und Lachgas (N₂O).

Der Mensch verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt, indem er zusätzliche Mengen an Treibhausgasen freisetzt, vor allem seit Beginn der Industrialisierung. Zu diesen Gasen gehört neben Kohlendioxid (dem wichtigsten menschengemachten Treibhausgas), Methan und Lachgas auch bodennahes Ozon. Ihre Konzentration ist stark gestiegen, und das lässt den Treibhauseffekt immer grösser werden. Auch einzelne vom Menschen produzierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) sind Treibhausgase. [Ihr Rückgang wurde in Abkommen zum Schutz der Ozonschicht geregelt](#), ist aber noch nicht durchweg zu beobachten.

Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre steigt und steigt

CO₂-Konzentration in der Atmosphäre auf Hawaii, in ppm (parts per million)*



* Dies ist die längste Messreihe von atmosphärischer CO₂-Konzentration weltweit. – Quelle: [Earth System Research Laboratory / NOAA](#) - Grafik: koa.

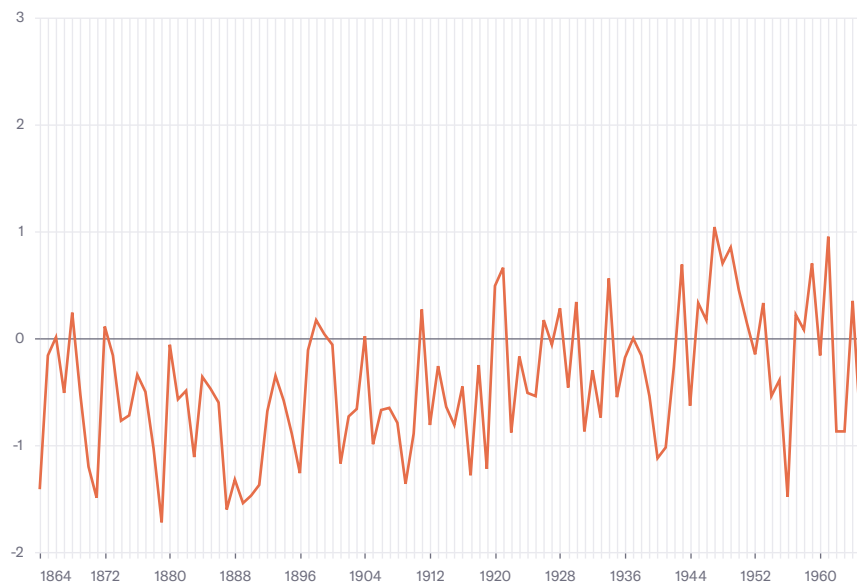
Durch die Verstärkung des Treibhauseffekts verändert sich auch die thermische Schichtung der Atmosphäre: In der Troposphäre (0–15 km Höhe) wird es wärmer, in der Stratosphäre (15–50 km Höhe) wird es kälter. Die Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre hebt sich langsam.

3. Wie stark hat sich die Erde in verschiedenen Regionen erwärmt?

Das Klima verändert sich nicht gleichmässig. Je nach Region hat sich die Erdatmosphäre unterschiedlich stark erwärmt. Das Temperaturmittel der Schweiz zum Beispiel ist um ungefähr 2 Grad Celsius gestiegen, mehr als doppelt so viel wie im globalen Durchschnitt. Im Jahr 2017 war es zuletzt 1,6 Grad wärmer, als es im Mittel 1961 bis 1990 war.

Die Jahresmitteltemperatur in der Schweiz steigt stetig an

Temperaturabweichungen im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961–1990 in Grad Celsius

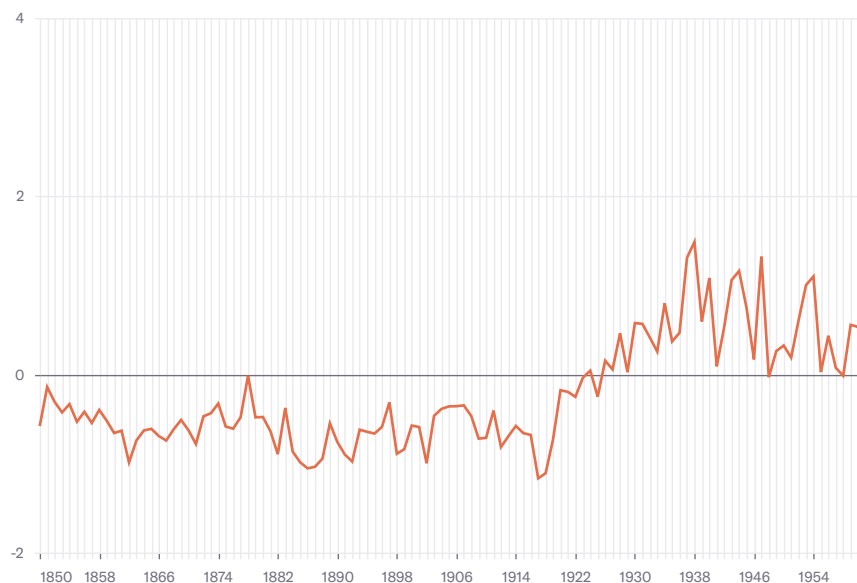


Das Schweizer Temperaturmittel beschreibt die im Mittel über die gesamte Fläche und die verschiedenen Höhenlagen der Schweiz gemessene Temperatur. – Quelle: [Meteo Schweiz / eigene Berechnung](#) – Grafik: koa.

Den grössten Temperaturanstieg verzeichnet man aber [in der Arktis](#). Vor allem im Winter hat sich die Luft dort erheblich erwärmt. Wissenschaftler bezeichnen die Tatsache, dass sich die Arktis rascher als jede andere Region wandelt, als «arktische Verstärkung». Die wichtigste Ursache für die arktische Verstärkung ist das Schrumpfen des Meereises: Ohne die reflektierenden Eisschollen nimmt der Ozean mehr Sonnenlicht auf, und im Winter gibt das Wasser ohne isolierende Eisschicht mehr Wärme an die Atmosphäre ab.

In der Arktis ist der Temperaturanstieg am grössten

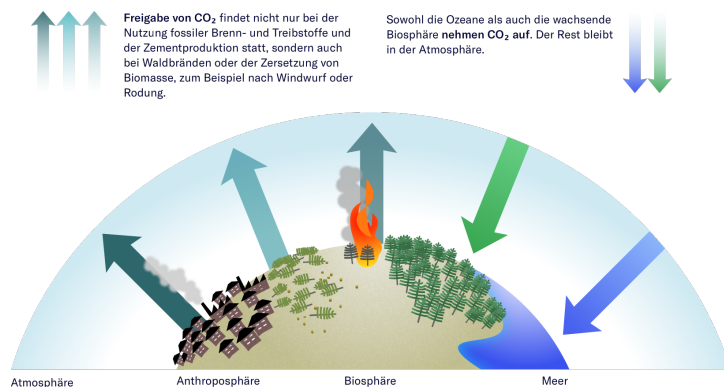
Temperaturabweichungen im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961–1990 in Grad Celsius*



* Es handelt sich um die Durchschnittstemperatur zwischen 70 und 90 Grad nördlicher Breite. – Quelle: [Met Office Hadley Centre for Climate Science and Services](#) – Grafik: koa.

4. Wo kommt das CO₂ her, und was sind CO₂-Senken?

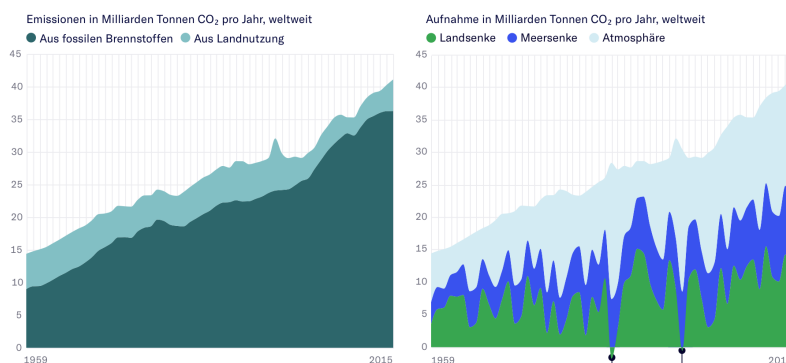
Der Löwenanteil der anthropogenen CO₂-Emissionen stammt von der Nutzung fossiler Brenn- und Treibstoffe. Ausserdem setzt die Produktion von Zement das Klimagas frei. Darüber hinaus entsteht Kohlendioxid bei der Zersetzung von Biomasse und bei Waldbränden. Wenn Pflanzen wachsen, nehmen sie allerdings CO₂ für die Fotosynthese auf und stellen somit eine CO₂-Senke dar. Auch der Ozean ist eine wichtige Senke. Doch je mehr er sich erwärmt, desto weniger CO₂ kann er speichern.



Grafik: brt.

Weltweit sind die Emissionen stark angestiegen. Der wichtigste Sektor, in dem weltweit CO₂ freigesetzt wird, ist die Erzeugung von Strom und Heizungswärme, vor allem für Haushalte und Industrie. Bedeutsam ist aber auch der Anteil des Verkehrs. In vielen industriellen Prozessen werden ebenfalls grosse Mengen an CO₂ produziert. Auch eine veränderte Landnutzung kann eine Quelle für CO₂ sein. Ein Beispiel dafür ist die Rodung von Wald zur Bereitstellung von Acker- oder Weideland. Die Trockenlegung von Feuchtgebieten mit dem Ziel, dort Landwirtschaft zu betreiben, kann zusätzlich zur Freisetzung von CO₂ führen.

Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus fossilen Brennstoffen steigen deutlich an, und Atmosphäre, Pflanzen und Meere müssen immer mehr CO₂ aufnehmen



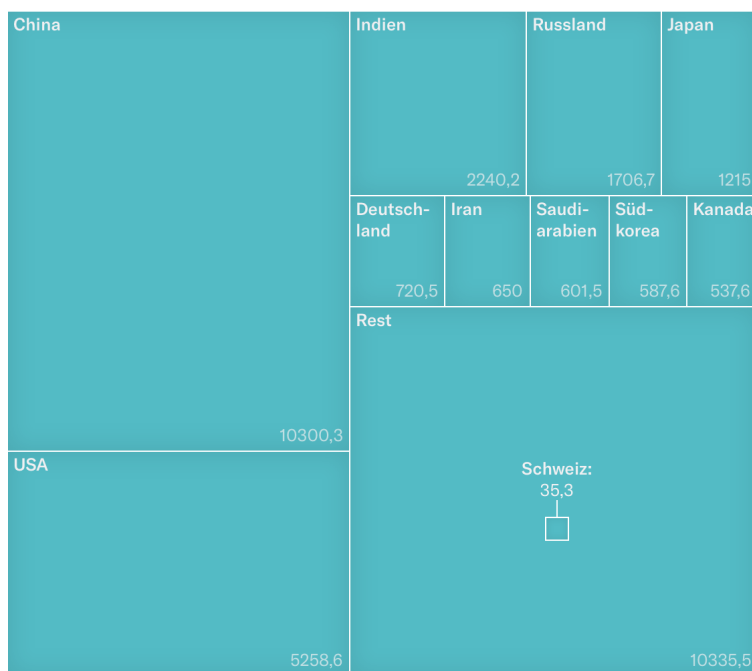
In den El-Niño-Jahren 1987 und 1998 ist die CO₂-Landsenke negativ. El Niño (die gelegentliche Erwärmung des tropischen Pazifiks) löst in Südostasien Trockenheit aus. Dadurch nimmt die Vegetation dort weniger CO₂ auf. Global betrachtet wurden in der Folge die Landflächen 1987 und 1998 zu einer schwachen CO₂-Quelle.

Quelle: CDIAC – Grafik: brt.

Die wachsenden Emissionen von CO₂ führen dazu, [dass die Atmosphäre, die Meere und die Biosphäre immer mehr von dem Treibhausgas aufnehmen](#). Der jeweilige Anteil schwankt von Jahr zu Jahr stark. Das liegt unter anderem am Auf und Ab der Meerestemperaturen, denn kaltes Wasser kann mehr CO₂ aufnehmen als warmes. Auch bei der Biosphäre gibt es Schwankungen: Sie nimmt in Dürre Jahren weniger und in feuchten Jahren mehr CO₂ auf.

China ist in absoluten Zahlen der grösste CO₂-Produzent

Emissionen aus Verbrennung von fossilen Brennstoffen, Zementproduktion und Verbrennung von Gasen, in tausend Tonnen CO₂, 2014



Quelle: [Weltbank](#) - Grafik: brt.

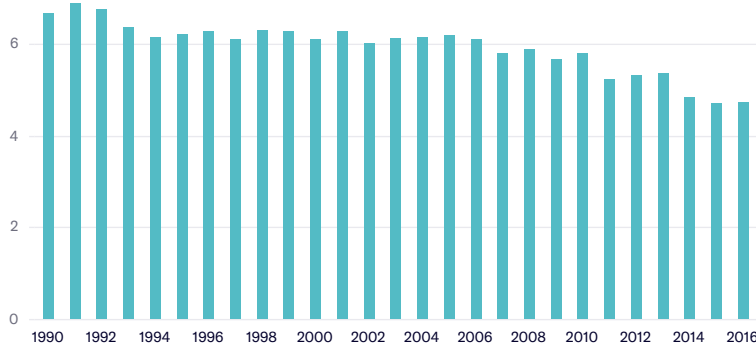
Vor wenigen Jahren löste China die USA als grösster CO₂-Emittent ab. Indien holt immer mehr auf. Die Höhe des künftigen globalen CO₂-Ausstosses wird vor allem vom Wachstum in asiatischen und afrikanischen Ländern abhängen. Historisch betrachtet gehen die grössten Mengen aber noch auf das Konto früher Industrieländer.

5. Wie stark tragen wir in der Schweiz zur Erderwärmung bei?

Im Vergleich zu anderen Ländern der Erde ist der Anteil der Schweiz am weltweiten Ausstoss von Treibhausgasen gewiss klein. Doch die Vorbildfunktion eines hochentwickelten Industrielands ist nicht zu unterschätzen. Im Jahr 2015 setzten die Schweizer innerhalb der Landesgrenzen pro Kopf 4,7 Tonnen CO₂ frei. Seit 1990 ist der Ausstoss leicht zurückgegangen. Nicht berücksichtigt sind allerdings die Emissionen, die im Ausland bei der Produktion von Importgütern hervorgerufen wurden.

Der CO₂-Ausstoss pro Kopf ist in der Schweiz leicht zurückgegangen

CO₂-Emissionen in der Schweiz pro Kopf in Tonnen

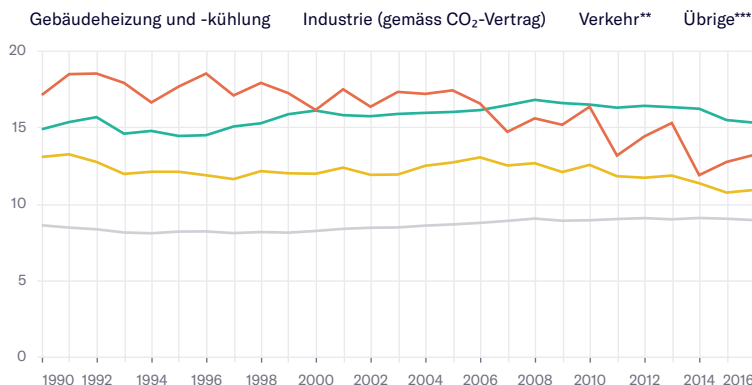


Quelle: [Bafu](#) - Grafik: koa.

Den grössten Anteil am Ausstoss von Treibhausgasen hat in der Schweiz der Verkehr, und er blieb ab 1990 auch konstant. Die Emission durch das Heizen von Gebäuden ist deutlich zurückgegangen. Gering war die Reduktion in der Industrie.

Durch Gebäudeheizung und -kühlung produzierte Treibhausgase nehmen langsam ab

Treibhausgasemissionen in der Schweiz, in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten*



* Verschiedene Treibhausgase wärmen die Atmosphäre unterschiedlich stark. Um ihre Wirkung vergleichen zu können, spricht man von «CO₂-Äquivalenten». Dazu werden die Mengen anderer Treibhausgase (wie Methan oder Lachgas) in diejenige Menge CO₂ umgerechnet, welche die gleiche erwärmende Wirkung hat. / ** Ohne internationalen Flug- und Luftverkehr / *** Landwirtschaft, Abfallbehandlung und synthetische Gase. - Quelle: [Bundesamt für Umwelt: Treibhausgasinventar](#) - Grafik: koa.

Auch der Einzelne kann bei der Reduktion der CO₂-Emissionen mithelfen, zum Beispiel durch die Wahl der Nahrungs- und Verkehrsmittel. Beim Fliegen wird es besonders deutlich: Wer pro Jahr eine Langstrecke (hin und zurück) absolviert, hat schon einen grossen Teil des durchschnittlichen Pro-Kopf-Ausstosses in der Schweiz erreicht. Beim Autofahren ist die Emission deutlich kleiner. Doch am schonendsten für das Klima ist das Zufahren. Allerdings hängen die Emissionen bei der Eisenbahn stark davon ab, wie viel CO₂ bei der Produktion des Stroms entsteht, mit dem die Züge betrieben werden.

120-mal Paris mit dem Zug oder einmal nach Tokio mit dem Flugzeug

CO₂-Emissionen im Vergleich, in CO₂-Äquivalenten

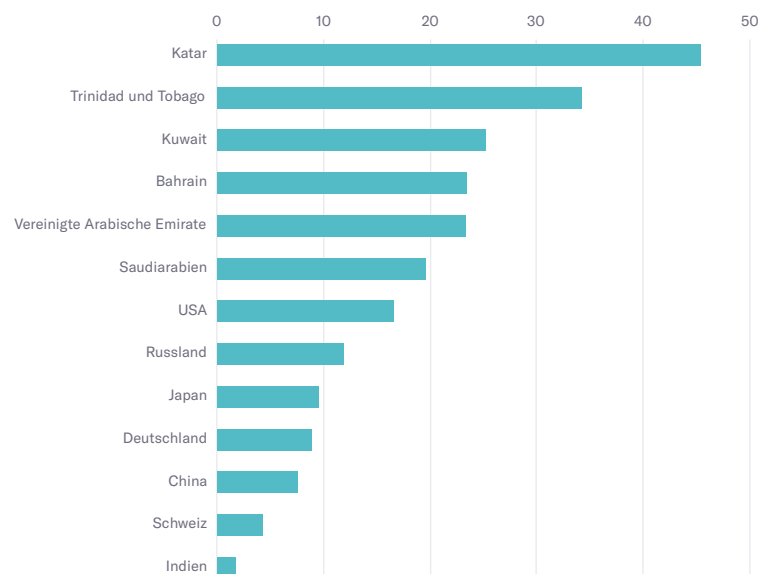


* Flug in der Economy Class / ** Treibstoff: Benzin – Quelle: ZHAW / mobitool / KBOB Ökobilanz – Grafik: koa.

Im internationalen Vergleich ist der CO₂-Ausstoss pro Kopf in der Schweiz relativ niedrig. Katar führt die Rangliste der höchsten Emissionen pro Einwohner an: Im Jahr 2014 waren es dort 45,4 Tonnen, etwa zehnmal so viel wie hierzulande. Auch in den anderen Staaten rund um den Persischen Golf, in Kuwait, Bahrain und den Vereinigten Arabischen Emiraten zum Beispiel, wird pro Kopf vergleichsweise sehr viel CO₂ ausgestossen. China – der total mit Abstand grösste CO₂-Emittent – rangiert noch hinter den USA, Deutschland oder Russland. Die Emissionen pro Kopf haben sich in China seit 1990 aber mehr als verdreifacht.

In der Schweiz sind die Pro-Kopf-Emissionen vergleichsweise tief

Durchschnittliche CO₂-Emissionen in Tonnen pro Kopf im Jahr 2014*



* Die Schweiz im Vergleich mit den 5 grössten Emittenten pro Kopf und einigen der absolut grössten Emittenten (Saudiarabien, USA, Russland, China, Deutschland, Indien) – Quelle: Weltbank – Grafik: koa.

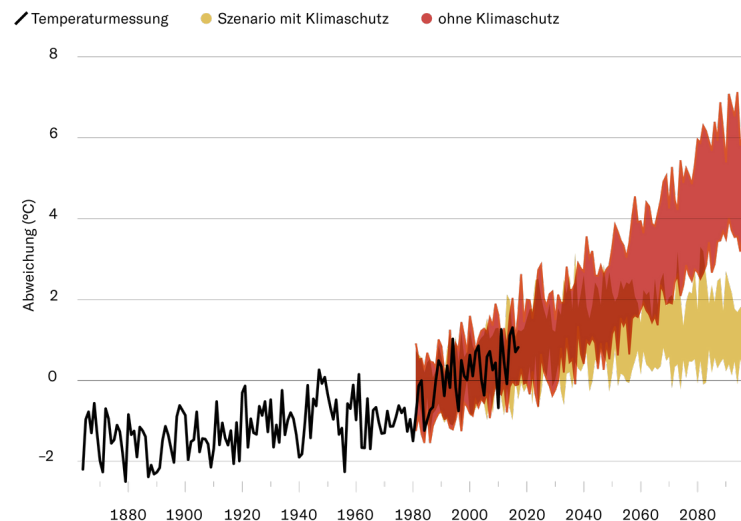
6. Wie stark ist Schweiz vom Klimawandel betroffen?

Die Schweiz ist überdurchschnittlich stark vom Klimawandel betroffen. Sie wird trockener, heisser und schneeärmer werden und die Niederschläge werden zunehmen. Das ist [das Ergebnis einer Auswertung von Klimadaten](#) von Meteoschweiz und der ETH Zürich, der Universität Bern unter der Mitwirkung von ProClim.

Worauf sich die Schweiz einzustellen hat, hängt vor allem davon ab, wie sich die Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahrzehnten entwickeln werden. Geht man vom ungünstigsten Fall aus, nämlich von einer ungebremsten Zunahme der Emissionen, muss man laut dem Bericht bis zum Jahr 2060 mit einer Erwärmung von 2 bis 3,3 Grad gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1981 bis 2010 rechnen.

Wie sich die Schweiz erwärmt, hängt stark vom Klimaschutz ab

Schweizer Jahresmitteltemperatur (Abweichung von der Normperiode 1981–2010)



Quelle: Center for Climate Systems Modeling (C2SM). – Grafik: cke.

In den Sommermonaten wäre es noch schlimmer: Die Temperaturen würden um bis zu 4,5 Grad ansteigen.

Sogar mit Klimaschutz steigt die Sommertemperatur um mindestens 1 Grad

Anstieg der mittleren Sommertemperatur bis 2060, in Grad Celsius



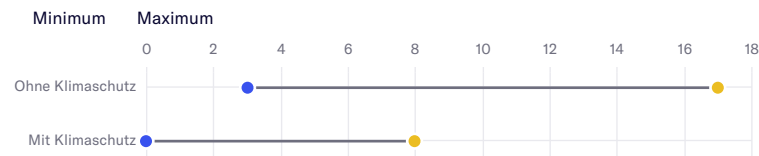
Möglicher Bereich der Veränderungen gegenüber der Periode 1981–2010. Schweizweit typische 30-Jahre-Mittelwerte. Temperaturänderungen sind auf 0,5 Grad genau. – Quelle: Meteo Schweiz, ETH Zürich, Center for Climate Systems Modeling (C2SM) – Grafik: koa.

Die Klimaszenarien 2018 zeigen, dass es bis 2060 vier Hauptveränderungen geben wird.

- **Trockenere Sommer:** Es wird weniger regnen, während die Verdunstung mit steigender Temperatur zunimmt. Die Böden werden somit trockener.
- **Mehr Hitzetage:** Was zunehmen wird, sind vor allem die Höchsttemperaturen. An den heissesten Tagen im Sommer wird es 2 bis 5,5 Grad wärmer sein als heute, Hitzesommer könnten zur Normalität werden.

Anzahl der sehr heissen Tage* wird ansteigen

Zunahme der sehr heissen Tage bis 2060

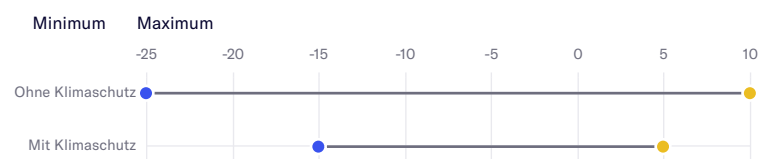


*Sehr heisser Tag: 1 Prozent der heissesten Tage von 1981 bis 2019. / Möglicher Bereich der Veränderungen gegenüber der Periode 1981-2010. Schweizweit typische 30-Jahre-Mittelwerte. Niederschlagsänderungen sind auf 5 Prozent genau angegeben. - Quelle: Meteoschweiz, ETH Zürich, Center for Climate Systems Modeling (C2SM) - Grafik: koa.

- **Heftige Niederschläge:** Es wird häufiger und stärker regnen als heute. Der stärkste Niederschlagstag des Jahres wird durchschnittlich etwa 10 Prozent mehr Regen bringen.

Die Menge des Sommerniederschlags ist sehr variabel

Zu- und Abnahme des Sommerniederschlags bis 2060, in Millimetern



Möglicher Bereich der Veränderungen gegenüber der Periode 1981-2010. Schweizweit typische 30-Jahre-Mittelwerte. Niederschlagsänderungen sind auf 5 Prozent genau angegeben. - Quelle: Meteoschweiz, ETH Zürich, Center for Climate Systems Modeling (C2SM) - Grafik: koa.

- **Schneearme Winter:** Im Winter wird es wärmer sein, deshalb wird Niederschlag häufiger in Form von Regen und nicht in Form von Schnee fallen. Schnee wird also seltener, und die erwartete Schneebedeckung im Flachland ist nur noch etwa halb so gross sein wie heute.

7. Was bedeutet der menschengemachte Klimawandel konkret?

8. Sind wir auf Kurs? Ein Überblick über die Klimaziele

[William Nordhaus](#) ist einer der ersten Wissenschaftler, die darüber nachgedacht haben, wie viel Erwärmung noch zu tolerieren wäre. Im Jahr 1977 schrieb er: Es sei vernünftig, so zu argumentieren, dass die Klimawirkung von Kohlendioxid im Rahmen der normalen Spanne langfristiger Klimaschwankungen gehalten werden sollte. Als Limit schlug er provisorisch eine maximale Erwärmung um 2 Grad Celsius vor. Nordhaus wurde am 8. Oktober [der Wirtschaftsnobelpreis für seine Arbeit im Feld der Wachstumstheorie verliehen](#).

Nordhaus ist nicht der einzige Initiator bei der Festlegung dieser Temperaturmarke. Später wurde sie mit anderen Argumenten begründet. Beispielsweise rechnen Forscher mit gravierenden und teilweise unumkehrbaren Folgen, sollte die Temperatur um mehr als 2 Grad über das vorindustrielle Niveau steigen.

2015 wurde das 2-Grad-Limit sogar auf höchster Ebene der Vereinten Nationen vereinbart: im [Pariser Klimaabkommen](#). Im Dezember 2018 einigten sich die Mitgliedstaaten der Klimakonvention nach jahrelanger Vorarbeit auf [ein Regelwerk](#) zur Umsetzung des Abkommens. Vor allem jene Länder, die vom Anstieg des Meeresspiegels bedroht sind, müssen allerdings schon bei einer Erwärmung um 1,5 Grad mit ernststen Folgen rechnen. Das ist einer der Gründe, weshalb in den letzten Jahren über eine Verschärfung der Zielvorgabe diskutiert wurde. Auch im Pariser Abkommen ist zu lesen, dass die Bestrebungen des Klimaschutzes in Richtung 1,5 Grad gehen sollen.

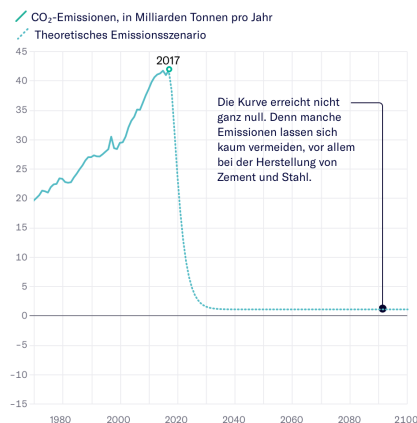
Nicht immer werden Klimaziele in Form von Temperaturmarken formuliert. Gebräuchlich ist auch die Vorgabe einer maximal erlaubten Konzentration von CO₂-Äquivalenten [wie zum Beispiel 350 ppm](#). Darüber hinaus haben Wissenschaftler in den letzten Jahren auszurechnen versucht, wie gross die Menge an Treibhausgasen ist, die die Menschheit noch ausstossen darf, ohne bestimmte Temperaturmarken zu überschreiten. Allerdings ist die [Ungewissheit bei diesem Budgetansatz](#) riesig. Daher sind [Zweifel am Nutzen dieses Konzepts für die Politik](#) aufgekommen.

In jedem Fall gilt: Alle gegenwärtigen Szenarien laufen darauf hinaus, dass der Ausstoss an Treibhausgasen rasant sinken muss, wenn man eine Erwärmung um 1,5 oder 2,0 Grad Celsius vermeiden möchte. In den meisten Szenarien wäre sogar eine Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre nötig (siehe Grafik). Fachleute sprechen bei dieser Massnahme von «negativen Emissionen».

Durch negative Emissionen können wir Zeit gewinnen bei der CO₂-Reduktion

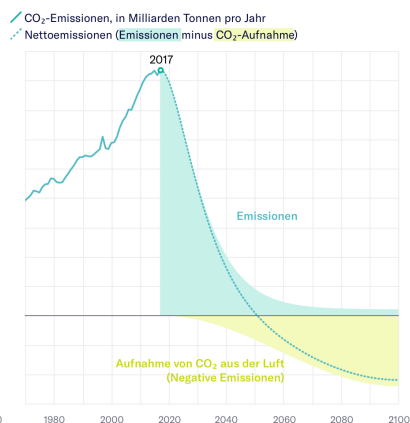
Ohne negative Emissionen ...

... müssen die CO₂-Emissionen theoretisch rasch auf null reduziert werden, damit sich die Erde bis zum Ende des Jahrhunderts um nicht mehr als 1,5 Grad erwärmt.



Mit negativen Emissionen ...

... muss die Emissionsreduktion nicht ganz so rasch erfolgen, um das Ziel zu erreichen. Fachleute halten es allerdings für unrealistisch, in so kurzer Zeit so viele Anlagen zur CO₂-Aufnahme aus der Luft zu schaffen.



Die Zahlen zu diesen Szenarien stammen aus einem einzelnen Modell. Sie sind mit einer grossen Ungewissheit behaftet. -
 Quelle: G. Peters / CICERO - Grafik: brt.

Für die Erzielung negativer Emissionen gibt es [viele technische Möglichkeiten](#): Man kann zum Beispiel CO₂ aus der Luft filtern und im Untergrund speichern. Eine andere Möglichkeit bietet [der Anbau geeigneter Pflanzen](#), die CO₂ aufnehmen. Das bei der anschliessenden Verbrennung entstehende CO₂ muss ebenfalls weggesperrt werden. Bis jetzt existieren für derartige Techniken aber erst wenige Testanlagen.

Insofern lautet das oberste Klimaziel, auf das sich alle verständigen können: schnellstmögliche «Dekarbonisierung» der Weltwirtschaft. Darunter versteht man in diesem Kontext die Verringerung des CO₂-Ausstosses bei ökonomischen Aktivitäten. Sich auf die Einrichtung unzähliger technischer Anlagen zur Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre zu verlassen, käme einer höchst riskanten Wette gleich, argumentieren Fachleute.

9. Wie der menschengemachte Klimawandel entdeckt wurde

1859

John Tyndall weist nach, dass die Erdatmosphäre einem Treibhauseffekt unterliegt. An diesem Effekt ist, wie er bemerkt, neben dem Wasserdampf auch Kohlendioxid beteiligt.

1908

Der Schwede Svante Arrhenius sagt wegen des Ausstosses von Kohlendioxid durch die Zivilisation eine globale Erwärmung voraus.

1938

Der englische Ingenieur Guy Callendar stellt aufgrund von Temperaturmessungen eine globale Erwärmung fest, die er mit dem menschengemachten Treibhauseffekt in Verbindung bringt.

1957

Der Amerikaner Roger Revelle und der gebürtige Österreicher Hans Suess weisen nach, dass sich ein Teil des Kohlendioxids aus der Nutzung fossiler Brennstoffe in der Atmosphäre anreichert, weil der Ozean nicht alles aufnehmen kann.

1967

Der Japaner Syukuro Manabe und der Amerikaner Richard Wetherald berechnen mit einem der ersten Klimamodelle, wie stark sich die Atmosphäre durch die Verdopplung von Kohlendioxid erwärmt. Sie kommen auf 2,3 Grad Celsius.

1971

Erstmals verfasst eine internationale Forschergruppe einen Bericht über die Gefahr einer weltweiten Klimaveränderung. Das Werk trägt den Titel «Inadvertent Climate Modification: Report of the Study of Man's Impact on Climate».

1979

In Genf findet die erste Weltklimakonferenz statt. Dabei wird das [Weltklimaprogramm](#) zur Erforschung des Klimawandels initiiert.

1985

Nach einer Konferenz von Klimaforschern in Villach zur Wirkung von Treibhausgasen erreichen die Warnungen vor einem menschengemachten globalen Klimawandel endgültig die breite Öffentlichkeit.

1988

Das [Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (IPCC) wird gegründet, also der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen. In seinem Auftrag erstellen Wissenschaftler in der Folge regelmässig umfassende Berichte zum Klimawandel.

1995

Im zweiten grossen Bericht des IPCC konstatieren die wissenschaftlichen Autoren erstmals, dass der Mensch inzwischen einen erkennbaren Einfluss auf das Klima ausübt.

Weiterführende Literatur: Die wichtigsten Bücher zum Thema

[Spektrum Spezial – Klimawandel: Strategien gegen die weltweite Bedrohung](#). Spezialheft von Spektrum der Wissenschaft, März 2018.

Dieter Helm: *Burn Out: Der Klimawandel und das Endspiel der fossilen Brennstoffe*. 352 S., Langen/Müller-Verlag 2018.

Heinz Wanner: *Klima und Mensch. Eine 12 000-jährige Geschichte*. 276 S. Haupt-Verlag, Bern 2016.

IPCC: *Climate Change 2014: [Synthesis Report](#). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genf, 2014.

Dieser Artikel ist Teil des Jahresrückblicks «Das Beste aus 2018».
Marie-José Kolly und 3 weitere empfehlen ihn.

Klimawandel – noch nicht ganz alles
verstanden? Noch Zweifel? Hier lang.

Marie-José Kolly
Redaktorin Datenjournalismus

[Alle Empfehlungen ansehen](#)

KOMMENTAR

Es gibt immer noch Wege, die globale Erwärmung auf 1,5 Grad zu begrenzen. Ein Apollo-Programm tut not

Noch gibt es ein Fünkchen Hoffnung, dass sich die Erwärmung der Erde auf 1,5 Grad begrenzen lässt. Doch der jüngste Bericht des Weltklimarats macht klar: Dazu bedarf es kolossaler Anstrengungen.

Christian Speicher / 8.10.2018, 12:19



KOMMENTAR

Der Sommer 2018 ist ein Weckruf, der nicht ungehört verhallen darf

Momentan erleben wir hautnah mit, was in Zukunft mit der Klimaerwärmung vermehrt auf uns zukommen könnte. Und wir müssen erkennen: Wir sind noch viel zu wenig an die neue Realität angepasst.

Christian Speicher / 10.8.2018, 05:30



EU-Staaten wollen den CO₂-Ausstoss von Autos bis 2030 um 35 Prozent senken

Nach stundenlangem Ringen haben sich die EU-Umweltminister auf einen Kompromiss zur weiteren Reduktion der CO₂-Emissionen von Autos geeinigt. Nun beginnen Verhandlungen mit dem Europaparlament, das schärfer vorgehen will.

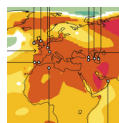
René Höltschi, Brüssel / 10.10.2018, 12:43



Wo 2018 Hitzerekorde gebrochen wurden

Der Sommer 2018 ist ein Sommer der Rekorde, zumindest, was die Temperaturen betrifft. Weltweit wurden im Juli Spitzenwerte registriert – unsere Karte zeigt eine Auswahl.

Kathrin Klette / Anna Wiederkehr / 4.8.2018, 07:00



Warum die Warnungen vor dem Klimawandel weiter verpuffen wie Treibhausgase

Die Erderwärmung soll deutlich unter 2 Grad Celsius bleiben. Schweizer Durchschnittstemperaturen haben diese Grenze bereits überschritten, trotzdem steigt der Verbrauch fossiler Energien weiter. Dabei gäbe es eine einfache Antwort.

Sylviane Chassot / 14.6.2018, 06:00



Die «Restmenge» an CO₂-Emissionen wird zum Zankapfel der Klimapolitik

Vor einigen Jahren schufen Wissenschaftler das Konzept des Kohlenstoffbudgets. Sie wollten damit verdeutlichen, vor welchen Herausforderungen die Klimapolitik steht. Jetzt wird der Vorwurf laut, das Konzept sei politisch nutzlos.

Sven Titz / 14.5.2018, 18:53

Die Schweiz trifft es hart

Gletscherschwund, Unwetter, Hitzewellen – die Schweiz sei vom Klimawandel besonders betroffen, sagt ein Bericht von 75 Forschern. Die Temperatur hat hier doppelt so stark zugenommen wie weltweit.

Marcel Amrein / 7.11.2016, 23:04



Die Sommer in der Schweiz werden mediterraner

Der Klimawandel wird die Schweiz bis zum Jahr 2050 spürbar verändern. Das birgt Risiken. Doch es gibt Möglichkeiten, sich zu wappnen.

Christian Speicher / 2.6.2017, 05:30



Unklare Wege zum 1,5-Grad-Ziel

An der Weltklimakonferenz in Paris hat sich die Staatengemeinschaft auf ein schärferes Klimaziel geeinigt. Wie es erreicht werden soll, bleibt allerdings unklar.

Christian Speicher / 13.12.2015, 14:42



Copyright © Neue Zürcher Zeitung AG. Alle Rechte vorbehalten. Eine Weiterverarbeitung, Wiederveröffentlichung oder dauerhafte Speicherung zu gewerblichen oder anderen Zwecken ohne vorherige ausdrückliche Erlaubnis von Neue Zürcher Zeitung ist nicht gestattet.